

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 43 01 570 A 1

(51) Int. Cl. 5:  
**H 01 F 41/04**  
H 01 F 17/04  
H 05 K 1/16  
H 05 K 3/02  
B 23 K 26/00

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)  
21.01.92 US 823126

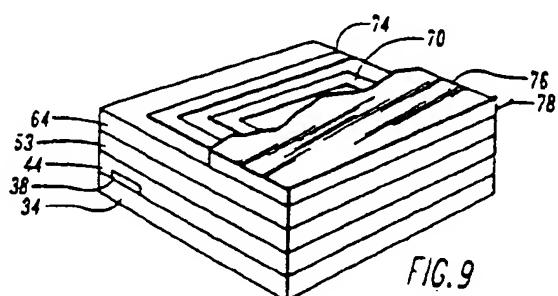
(71) Anmelder:  
Dale Electronics, Inc., Columbus, Nebr., US

(74) Vertreter:  
Andrae, S., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., 8000 München;  
Flach, D., Dipl.-Phys., 8200 Rosenheim; Haug, D.,  
Dipl.-Ing.; Kneißl, R., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

(72) Erfinder:  
Person, Herman R., Columbus, Nev., US

(54) Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauteils unter Verwendung von Laserstrahlen

(57) Ein elektrisches Bauteil, das eine Vielzahl von Verbundschichten (34, 44, 53, 64) aus Ferritmateriale aufweist, wobei auf jede Schicht eine Leiterspule (70) aufgedruckt ist, wird dadurch hergestellt, daß zuerst eine elektrisch leitende Schicht auf die Oberseite der Ferritschicht aufgedruckt wird und dann die elektrisch leitende Schicht einem Laserenergieimpuls ausgesetzt wird, der in ein vorbestimmtes Muster projiziert wird, das die Spule aus der elektrisch leitenden Schicht herausschneidet.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauteils unter Verwendung von Laserstrahlen, wobei das elektrische Bauteil aus aufgeschichteten Lagen aus einem nichtleitenden Material besteht, die sich mit aufgedruckten Mustern in Form von spiralförmigen Wicklungen aus einem elektrisch leitendem Material abwechseln.

Viele elektrische Bauteile, die Wicklungen aufweisen, werden in Form von Chips hergestellt, die verschiedene, sich abwechselnde Schichten aus Ferrit und Leitern aufweisen. Es ergeben sich jedoch einige Nachteile aus den derzeitigen Herstellungsverfahren dieser Bauteile. Die meisten der auf diese Weise hergestellten Wicklungen bestehen nicht aus einer vollständigen Wicklung, die mehr als eine Windung in jeder Schicht hat. Statt dessen wird bei den derzeitigen Bauteilen ein Teil von jeder Wicklung auf verschiedene Schichten aufgebracht, und diese Teile werden dann miteinander verbunden, um eine vollständige Wicklung zu bilden, die mehrere Windungen hat.

Bei einigen derzeitigen Bauteilen wird eine ganze Wicklung, die mehr als eine Windung hat, auf jede Ferritschicht aufgebracht; diese Bauteile sind aber aufgrund der Grenzen der verwendeten Druckverfahren nur beschränkt miniaturisierbar. Bei den derzeitigen Verfahren zur Herstellung von leitenden Wicklungen auf jeder Schicht wird gewöhnlich das leitende Material auf die Ferritschicht aufgedruckt. Die meisten Verfahren zum Bedrucken dieser Schichten lassen es nicht zu, daß die Linien viel kleiner als 0,2 bis 0,25 mm sind, und lassen es auch nicht zu, daß die Abstände zwischen den Linien viel kleiner als 0,2 bis 0,25 mm sind. Dieses Mindestmaß der Linien und Abstände stellt eine Beschränkung für den Grad der Miniaturisierung dar, die mit Wicklungen dieses Typs erzielt werden kann.

Laser werden auf dem Gebiet der Widerstände zum Trimen und zum Herstellen von Widerständen eingesetzt. Bei den gegenwärtig verwendeten Laserverfahren wird jedoch ein Laserstrahl entlang des gewünschten Leitermusters geführt. Dies ist eine zeitaufwendige Arbeit und läßt es nicht zu, daß der Leiter auf eine schnelle, verzögerungsfreie Art und Weise gebildet wird.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines verbesserten elektrischen Bauteils unter Verwendung von Laserstrahlen anzugeben. Insbesondere soll das elektrische Bauteil kleiner hergestellt werden als bekannte Bauteile, während gleichzeitig der gleiche oder ein höherer Induktivitätswert als bisher erzielt wird. Ferner soll es das Verfahren ermöglichen, die Breite der induktiven Wicklungslinien und die Breite der Abstände zwischen den induktiven Wicklungslinien kleiner als bisher zu machen. Außerdem soll das Verfahren wirtschaftlich, wirkungsvoll und zuverlässig sein.

Die Aufgabe der Erfindung wird mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruches 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung benutzt ein Excimer-Lasersystem, das in der Lage ist, einen Laserenergieimpuls durch eine Maske zu leiten. Die Maske kann eine Metallplatte sein, in welche das gewünschte Muster geschnitten wurde. Die Maske wirkt wie eine Schablone und projiziert die Abbildung des gewünschten Musters durch eine Linse hindurch auf einen Träger, der eine Schicht aus einem

leitenden Material aufweist. Das Bild brennt einen Teil der Leiterschicht weg, so daß das gewünschte Muster, wie z. B. eine Wicklung, oder eine andere elektrische Leiterbahn zurückbleibt.

5 Induktionsspulen können so hergestellt werden, daß sie abwechselnde Schichten aus Ferritmateriale und Leiterspulen aufweisen. Die Leiterspulen werden durch Aufdrucken einer Schicht aus leitendem Material wie Silber auf die obere Oberfläche einer Ferritschicht gebildet. Der Laser wird dann dazu verwendet, ein Negativbild auf die Leiterschicht zu projizieren, um so das dem Negativbild ausgesetzte leitende Material zu entfernen. Hierdurch bleibt die auf der oberen Oberfläche der Ferritschicht gebildete Leiterspule zurück.

10 Weitere Schichtenpaare können auf die gleiche Weise gebildet und aufeinander gestapelt werden, um einen Stapelchip zu bilden, der eine vollständige Leiterspule hat, die mehr als eine vollständige Windung auf jeder Schicht aufweist. In den Ferritschichten werden Löcher 15 vorgesehen, um die verschiedenen Leiterspulen in dem geschichteten Chip der Reihe nach miteinander zu verbinden, um die gewünschte Induktivität zu erzielen.

15 Heutzutage stehen Excimer-Lasersysteme zur Verfügung, die in der Lage sind, ein Bild über eine Fläche von 5 bis 10 mm<sup>2</sup> zu projizieren. Dadurch können mehrere Chips auf einmal gebildet werden. Somit ist es möglich, eine einzelne Schicht für eine Gruppe von Chips mit einem einzigen Laserenergieimpuls herzustellen. Die einzelnen Schichten werden getrennt voneinander hergestellt und dann aufeinander gestapelt und gebrannt, um sie zu einer einzelnen Gruppe von aufeinander geschichteten Lagen zusammenzufassen. Mit Diamantsägen werden dann die aufeinander gestapelten Schichten in einzelne Chips zerschnitten.

20 35 Es wird nun ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnungen beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung des bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren verwendeten Lasersystems;

25 Fig. 2 schematisch die Art und Weise, auf die das Lasersystem den Laserstrahl auf das Werkstück leitet;

Fig. 2a eine Draufsicht auf eine bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren verwendete Maske;

30 Fig. 3 die aufeinander gestapelten Chiplagen, die bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren gebildet werden;

35 Fig. 4a bis 4c Draufsichten auf einen einzelnen Chip, wobei der erste Schritt gezeigt ist, bei dem eine erste Schicht aus Ferritmateriale und einer elektrischen Leiterspule gebildet wird;

40 Fig. 5a bis 5c; 6a bis 6c und 7a bis 7c ähnliche Darstellungen wie die Fig. 4a bis 4c, wobei die Schritte gezeigt sind, bei denen zusätzliche Schichtenpaare für den geschichteten Chip gebildet werden;

45 Fig. 8 die letzte Schicht, die auf den geschichteten Chip aufgebracht wird; und

Fig. 9 eine perspektivische Darstellung eines einzelnen geschichteten Chips, wobei Teile der oberen Schicht weggeschnitten sind.

50 Fig. 1 zeigt ein Excimer-Lasersystem 10, das bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren verwendet wird. Solche Systeme werden gegenwärtig zum Kennzeichnen und Etikettieren von elektrischen Bauteilen verwendet. Bis jetzt sind aber solche Systeme nicht für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren verwendet worden. Ein solches System wird beispielsweise von Lambda Physik, Inc., 289 Great Road, Acton, Massachusetts 01720 unter dem Warenzeichen "Lambda Mark"

hergestellt. Das System erzeugt einen Laserlichtimpuls, der durch die Linie 11 in Fig. 2 dargestellt ist. Der Laserstrahl 11 wird zuerst durch eine Vorrichtung 12 geleitet, die eine Maske oder eine Schablone enthält, in die das gewünschte Muster geformt ist. Nachdem der Laser die Maske passiert hat, wird er in das gewünschte Bild geformt und durch die Spiegelleinrichtung 14, die einen Spiegel 16 hat, nach unten abgelenkt und durch eine Bildlinse 18 geleitet. Die Linse 18 kann das Bild mehrmals verkleinern, um es so zu verstärken und schärfer zu machen. Das Bild wird dann auf eine Arbeitsfläche 20 gerichtet, auf der ein Werkstück plaziert ist. Erfindungsgemäß wird eine Maske 13 verwendet, die ein negatives Muster 15 einer Spule oder Wicklung enthält. Das Muster 15 wird durch eine Öffnung in der Maske 13 gebildet und entspricht der Negativform der Spule, die hergestellt werden soll. Die endgültige Spule wird somit letztlich die Form des festen Teils 17 haben, der in Fig. 2a gezeigt ist.

In Fig. 3 ist ein Stapel 22 aus Platten 23, 24, 25, 26, 27 gezeigt. Die oberste Platte 23 ist aus einem Ferritmaterial hergestellt, das gewöhnlich bei der Herstellung von monolithischen Induktorschips verwendet wird. Die restlichen Platten 24 bis 27 sind auch Ferritplatten, beinhaltet aber verschiedene Leiterspulen 28, die auf sie gedruckt sind. Die Spulen 28 auf jeder Platte sind zueinander identisch, die Spulen sind aber verschieden von einer Platte zur anderen, wie weiter unten näher beschrieben ist.

Die gestrichelten Linien 30 stellen Schnittlinien dar, auf denen man mit einer Diamantsäge schneidet, um jedes der aufgestapelten Teile in einzelne Chips zu zerschneiden, die eine Gruppe von Spulen 28 enthalten. Fig. 3 ist nicht maßstabsgerecht, um die verschiedenen Teile des erfindungsgemäßen Produkts zu veranschaulichen. In Wirklichkeit sind die Schichten 23 bis 27 so dünn wie Papier, und die Linien der Spulen 28 sind ungefähr 0,127 mm breit, und die Abstände zwischen den Linien innerhalb der Spulen sind auch ungefähr 0,127 mm breit.

Der Aufbau eines jeden einzelnen Chips ist in den Fig. 4 bis 8 dargestellt, in der Praxis aber werden die Schichten für mehrere Chips auf jede der Ferritschichten 23 bis 27 aufgedruckt, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Eine erste Ferritschicht 34 bildet die unterste Schicht des Chips. Diese Ferritschicht 34 gehört zu einem der Chips, die in der Mehrfachchipschicht 27, die in Fig. 3 gezeigt ist, angeordnet sind.

Fig. 4b zeigt eine erste feste Leiterschicht 36, die auf die obere Oberfläche der Ferritschicht 34 aufgedruckt ist. Der Leiter 36 besteht vorzugsweise aus einem Silbermaterial, das bei gedruckten Bauteilen diesen Typs gewöhnlich verwendet werden. Die Schicht 36 weist eine Anschlußfläche 38 auf, die sich bis zu dem äußeren Rand der Ferritschicht 34 erstreckt.

In Fig. 4c ist die vollständige Leiterspule 40 gezeigt. Die Leiterspule 40 wird dadurch gebildet, daß die leitende Schicht 36 einem Laserlichtimpuls ausgesetzt wird, der zuerst durch die Maske 13 ging und dann von dem Spiegel 16 nach unten reflektiert und durch die Linse 18 geleitet wurde. Somit wird das Negativbild des Musters 15 auf die leitende Schicht 36 projiziert, wodurch Teile der Schicht 36 weggebrannt werden und die Leiterspule 40, wie in Fig. 4c gezeigt, zurückbleibt. Die Spule 40 weist eine Zentrumssfläche 42 auf.

Es ist hervorzuheben, daß die Leiterspule 40 mindestens zwei vollständige Windungen der Spule auf einer Oberfläche aufweist. Außerdem beträgt die Breite des

Leiters 40 nur 0,127 mm, wobei die Abstände zwischen den Leiterwindungen ebenfalls nur ungefähr 0,127 mm betragen. Diese Maße sind erheblich kleiner als die bei bekannten Bauteilen und ermöglichen es, daß eine maximale Induktivität innerhalb eines Minimums an Raum erzielt wird.

Ein Beispiel für ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung der Leiterspule 40, die in Fig. 4c gezeigt ist, ist das folgende:

10 Ein Excimer-Lasersystem 10, wie es beispielsweise von der Lambda Physik, Inc., 289 Great Rd, Acton, Massachusetts 01720, unter dem Warenzeichen "Lambda Mark" hergestellt wird, wird zur Erzeugung der Leiterspule 40 verwendet. Diese Maschine hat mehrere Einstellungsparameter, die so gewählt werden können, daß das gewünschte Resultat erzielt wird. Die folgenden Faktoren sind für diese Parameter maßgebend:

1. Verschiedene Oberflächenmaterialien für die leitende Schicht 36 führen zu unterschiedlichen Ergebnissen.
2. Die Größe des Musters auf dem Chip ist eine Variable.
3. Die Größe des Musters in der Maske ist eine Variable.
4. Der Verkleinerungsfaktor im Maskenhalter ist eine variable Einstellgröße der Maschine.
5. Die an der Maschine verwendete Fokussierlinse und ihre Mikrometerstellung sind Variable.
6. Die Laserenergieeinstellung, welche die Einstellung der Gleichstromspannung des Systems ist, ist eine weitere Variable.

Es folgt ein Beispiel für eine bevorzugte Einstellung des Systems.

1. Oberflächenmaterial: ungebrannte Silber-Palladium-Tinte, hergestellt von DuPont unter der Produktbezeichnung 7711.
2. Mustergröße: 32,25 mm<sup>2</sup> bis 41,29 mm<sup>2</sup>.
3. Die Mustergröße in der Maske: 322,5 mm<sup>2</sup>.
4. Der Verkleinerungsfaktor: Zwischen 10 : 1 und 7,8 : 1.
5. Fokussierlinse und Mikrometerstellung: SPLF 20/10 Linse, auf eine Lage von 56 cm eingestellt.
6. Laserenergieeinstellung: 8,8 bis 7,5 Volt Gleichstromspannung.

Das System wird dann eingeschaltet, um einen Laserlichtimpuls zu erzeugen, der auf die Schicht 36 gerichtet wird und eine Spule 40 webt, wie in Fig. 4c gezeigt ist. Die Belichtungszeit liegt schätzungsweise zwischen 0,5 und 2 ms. Die genaue Dauer kann aber nicht bestimmt werden, weil das verwendete System eine Kondensatorentladung zur Lichterzeugung benutzt und die Dauer der Belichtung nicht genau bestimmbar ist.

Es können auch andere Systeme verwendet werden, um das gleiche Ergebnis zu erzielen, und es können auch andere Einstellungen verwendet werden, um andere Arten von elektrischen Bauteilen herzustellen.

Die Fig. 5a, b und c zeigen die zweite Verbundschicht, die unter Verwendung der Ferritplatte 44 gebildet wird. Der einzelne Chip beinhaltet eine zweite Ferritschicht 44, die in ihrem Zentrum eine Öffnung 46 hat, die zu der oben genannten Zentrumssfläche 42 der ersten Leiterspule 40 fluchtet. Eine zweite leitende Schicht 48 wird auf die Ferritschicht 44 aufgedruckt, und das gewünschte Bild wird mittels einer Maske erzeugt, die ähnlich ist

zu der, die in Fig. 2a gezeigt ist. Die spezielle Form der Maske ist jedoch so, daß das zweite Leiterspulenmuster 50 erzeugt wird, das in Fig. 5c gezeigt ist. Das Spulenmuster 50 beinhaltet eine zweite Zentrumssfläche 51, die zu der Öffnung 46 vertikal fluchtet, und eine zweite Endfläche 52. Das leitende Material an der Zentrumssfläche 51 ragt nach unten durch die Öffnung 46, so daß eine elektrische Verbindung mit der Zentrumssfläche 42 der Spule 40 hergestellt wird. Hierdurch werden die Spulen 40 und 50 elektrisch in Reihe miteinander verbunden.

Die Fig. 6a bis 6c zeigen eine dritte Verbundschicht, die eine dritte Ferritschicht 53 aufweist, in der sich ein Anschlußloch 54 befindet; eine dritte leitende Schicht 56 und eine dritte Leiterspule 58, die durch ein fokussiertes Laserbild auf ähnliche Art und Weise, wie die Spulen 40 und 50, gebildet wird. Durch die Öffnung 54 kann die dritte Endfläche 52 der Spule 58 mit der Endfläche 52 der Spule 50 verbunden werden, wodurch die Spulen 40, 50 und 58 in Reihe geschaltet sind. Die Spule 58 weist eine Zentrumssfläche 60 auf.

Die Fig. 7a bis 7c zeigen eine vierte Verbundschicht, die eine vierte Ferritschicht 64 mit einer Öffnung 66 darin hat; eine aufgedruckte leitende Schicht 68, die eine Endfläche 74 hat; und eine vierte Leiterspule 70, die eine Zentrumssfläche 72 hat. Die Spule 70 wird durch ein fokussiertes Laserbild auf ähnliche Art und Weise wie die Spulen 40, 50 und 58 gebildet. Die Zentrumssfläche 72 ragt durch die Öffnung 66, um einen elektrischen Kontakt zu der Zentrumssfläche 60 der dritten Leiterspule 58 herzustellen. Hierdurch werden alle vier Spulen 40, 50, 58 und 70 in Reihe miteinander verbunden.

Eine Schlußschicht 76 aus Ferrit wird auf das Schichtbauteil aufgebracht, so daß der in Fig. 9 gezeigte Aufbau entsteht.

Der in Fig. 9 gezeigte Chip 78 ist einer der Chips, die durch Schneiden entlang der gestrichelten Linien 30 des Stapels von Platten 23 bis 27 in Fig. 3 gebildet werden. Die Ferritschichten 34, 44, 53, 64 und 76 werden aus den Platten 27, 26, 25, 24 bzw. 23 der Fig. 3 gebildet. Die Platten 23 bis 27 werden einzeln hergestellt und dann aufeinander gestapelt, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Im einzelnen sieht das erfahrungsgemäße Verfahren vor, daß jede Schicht 23 bis 27 einzeln mit den leitenden Schichten 36, 48, 56 und 68 bedruckt wird. Die aufgedruckten Leiter läßt man dann trocknen. Als nächstes werden die aufgedruckten Leiter den Bildern des Lasersystems 10 ausgesetzt. Jede Platte 23 bis 27 wird einzeln belichtet, aber jede Platte weist eine Vielzahl von identischen Unterteilen auf. Nachdem die Platten 23 bis 27 mit dem Bild für die Erzeugung der Spulen 40, 50, 58 und 70 belichtet wurden, werden die Platten 23 bis 27 aufeinander gestapelt, wie in Fig. 3 gezeigt ist, und zusammengepreßt. Während der Pressung werden sie gebrannt, so daß sie sich zu einer Einheit verbinden.

Nach dem Brennen werden die aufgeschichteten Platten 23 bis 27 mit einer Diamantsäge entlang der Linien 30 geschnitten, um einzelne Stapelchips wie den Chip 78 zu bilden.

Das erfahrungsgemäße Verfahren macht es möglich, daß die Chips stärker miniaturisiert sind als bekannte Chips. Durch die Miniaturisierung der Chips kann mehr als eine vollständige Windung der Spule auf jeder Schicht aufgebracht werden, wogegen es bei den bekannten Chips notwendig war, weniger als eine vollständige Windung auf jede Schicht aufzubringen. Die Spulen des erfahrungsgemäßen Bauteils können so stark miniaturisiert werden, daß die Leiter eine Breite von ungefähr 0,127 mm haben und der Abstand innerhalb

der Spule auch ungefähr 0,127 mm beträgt. So viele Schichten wie nötig können in dem Chip vorgesehen werden, oder der Chip kann nur aus einer Spule und einer Schicht bestehen. Durch die Verkleinerung des Laserbilds ist es möglich, den Laserschnitt sehr viel kleiner als beim Siebdruck zu machen, und die entsprechenden Induktivitätswerte viel größer, als es bis jetzt möglich war, zu machen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Bauteils (78) unter Verwendung von Laserstrahlen, wobei das elektrische Bauteil einen Trägerkörper (34) mit einer daran befindlichen Trägerfläche und ein elektrisch leitendes Element (40) aufweist, das auf der Trägerfläche des Trägerkörpers (34) angeordnet ist und eine vorbestimmte Form hat, und wobei das Verfahren den Schritt beinhaltet, daß das elektrisch leitende Element (40) dadurch hergestellt wird, daß eine feste Schicht (36) aus einem leitenden Material auf die Trägerfläche aufgedruckt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein einzelner Laserlichtimpuls ein Negativbild der vorbestimmten Form erzeugt und alle Teile der festen Schicht bis auf die vorbestimmte Form wegbringt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorbestimmte Form des elektrischen Elements einer spiralförmigen Spule entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Trägerkörper ein Ferritmaterial (34) verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrisch leitende Element dadurch hergestellt wird, daß der Laserlichtimpuls durch eine Maske (15) geleitet wird, die eine Schablonenöffnung in Form des Negativbilds hat, und dann durch eine Linse geleitet wird, durch die das Negativbild auf das leitende Material projiziert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserlichtimpuls eine Dauer zwischen 0,5 und 2,0 ms hat.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

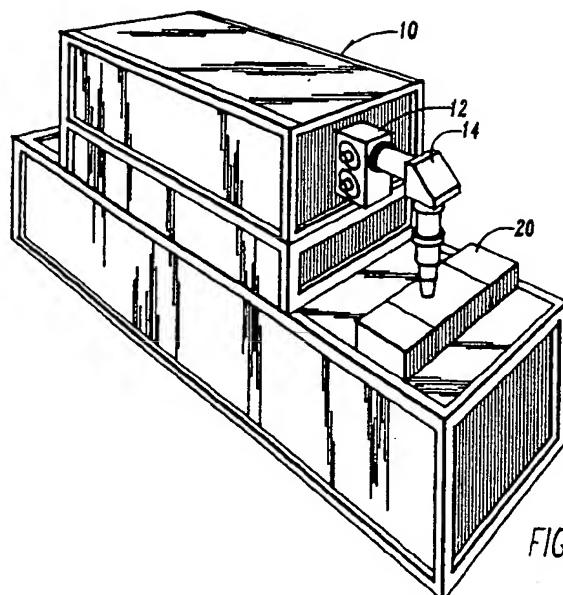


FIG. 1

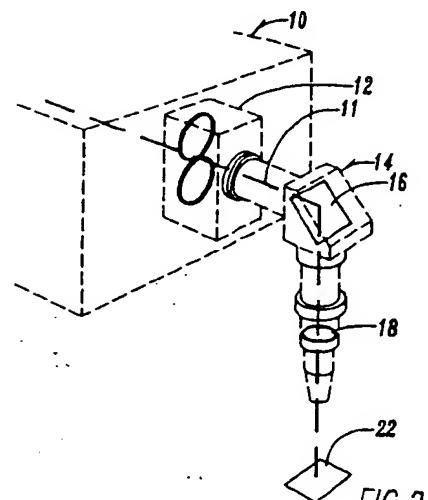


FIG. 2

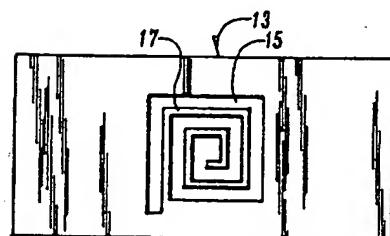


FIG. 2A

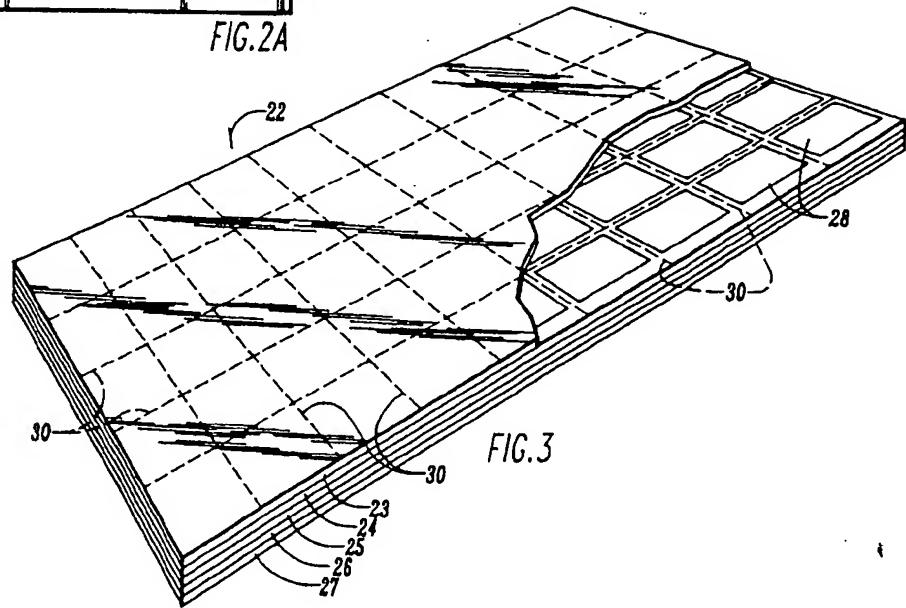


FIG. 3



FIG. 4A

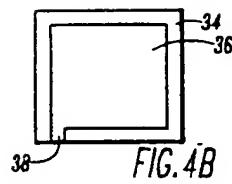


FIG. 4B

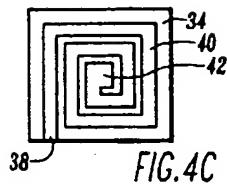


FIG. 4C

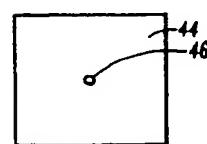


FIG. 5A

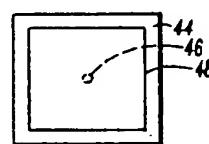


FIG. 5B

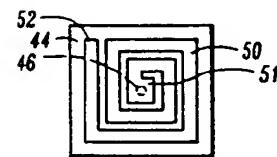


FIG. 5C

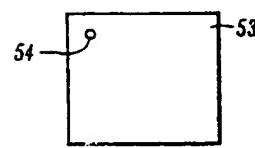


FIG. 6A

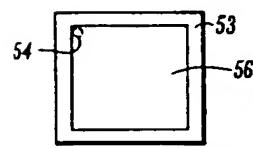


FIG. 6B

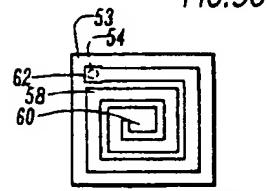


FIG. 6C

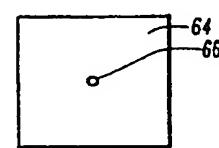


FIG. 7A

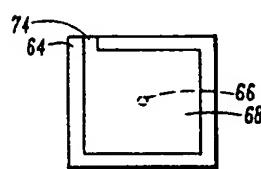


FIG. 7B

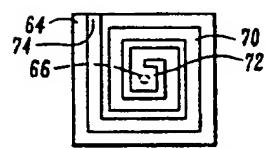


FIG. 7C

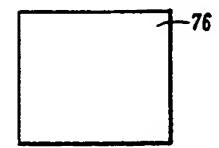


FIG. 8

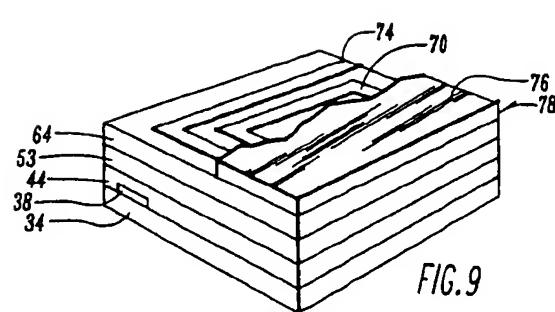


FIG. 9